

Д. т. н. В. В. ОДИНОКОВ, к. ф.-м. н. Г. Я. ПАВЛОВ

Россия, Москва, Зеленоград, ОАО «НИИ точного машиностроения»
E-mail: info@niitm.ru

НОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МИКРО-, НАНО- И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Развитие радиоэлектроники и нанотехнологий в различных областях науки и техники требует разработки нового функционально различного технологического оборудования, в котором в качестве базовых реализуются плазменно-термические процессы.

НИИ точного машиностроения (НИИТМ) специализируется на разработке вакуумного оборудования для технологических процессов нанесения тонких пленок, плазмохимического травления, газофазного осаждения стимулированного плазмой (PECVD), а также физико-термического оборудования для осуществления процессов отжига, диффузии, окисления и эпитаксии, в том числе быстрого термического.

Приоритетное направление деятельности НИИТМ — создание оборудования для реализации инновационных технологических процессов в микро-, нано-, радиоэлектронике, микромеханике, а также для синтеза наноматериалов (рис. 1).

Новые разработки НИИТМ — комплекты технологического оборудования для технического обучения, научных исследований, отработки технологических процессов, а также для обеспечения мелкосерийного производства на предприятиях малого и среднего бизнеса, такие как:

- технологическое оборудование для индивидуальной обработки подложек (пластин) со шлюзовой загрузкой;
- малогабаритное физико-термическое оборудование;
- малогабаритное вакуумное оборудование настольного типа «МВУ ТМ».



Рис.1. Технологические направления разрабатываемого оборудования

Комплект технологического оборудования индивидуальной обработки подложек (пластин) со шлюзовой загрузкой (рис. 2), предназначен для разработки, исследования и реализации технологических процессов в микро-, нано-, радиоэлектронике.

♦ **Магна ТМ-200** Нанесение многослойных или многокомпонентных металлических и диэлектрических слоев методом магнетронного распыления, в том числе для формирования наноструктурных каталитических слоев (Fe, Ni, Co и др.).

• Магнетронное распылительное устройство — мультикатодное с тремя мишенями Ø100 мм или планарное с мишенью Ø280 мм.

• Ионная очистка подложек перед нанесением слоев.



Рис. 2. Комплект технологического оборудования индивидуальной обработки подложек (пластин) со шлюзовой загрузкой

- Скорость нанесения
 - металлических слоев: до 0,5 мкм/мин.
 - диэлектрических слоев: до 0,2 мкм/мин.
- Неравномерность слоев по толщине — $\pm 3\%$.
- Температура подложек — до 300°C.

♦ **Плазма TM-200** Плазмохимическое и реактивно-ионное травление проводящих и диэлектрических материалов, в том числе для формирования наноструктур и микроэлектронных механических систем (МЭМС).

- Высококачественный источник индуктивно связанной плазмы (ICP).

- Система гелиевого охлаждения подложек на рабочем столе с источником напряжения смещения на подложку.

- Неравномерность травления $\pm 2\%$.
- Скорость травления
 - кремния: 1—3 мкм/мин;
 - двуокиси кремния, кварца, стекла «пирекс»: 0,5—1 мкм/мин.

- Аспектное соотношение: 1/10 — 1/30.

♦ **Изофаз TM-200** Осаждение проводящих и диэлектрических материалов (SiO_2 , Si_3N_4 , Si, SiC) в вакуумном реакторе из газовой фазы с плазменной активацией в ВЧ-плазме, в том числе для формирования алмазоподобных пленочных структур и углеродных нанотрубок.

- Источник плазмостимулированного газозависимого осаждения (PECVD).

- Рабочий стол с нагревателем до 800°C и источником напряжения смещения на подложку.

- Безмасляная система откачки.
- Многоканальная газовая система.
- Неравномерность пленок по толщине — $\pm 3\%$.

Общие особенности установок:

- Индивидуальная обработка подложек до $\varnothing 200$ мм.
- Шлюзовая камера загрузки/выгрузки подложек.
- Безмасляная система откачки на базе турбомолекулярного и форвакуумного насосов.
- Автономная система охлаждения.
- Микропроцессорная система управления.

- Возможность встраивания в “чистую комнату”.
- Возможность объединения двух или трех установок в кластерный комплекс (рис. 3).
- Потребляемая одной установкой мощность — не более 8 кВт.
- Площадь, занимаемая одной установкой — около 2,0 м².

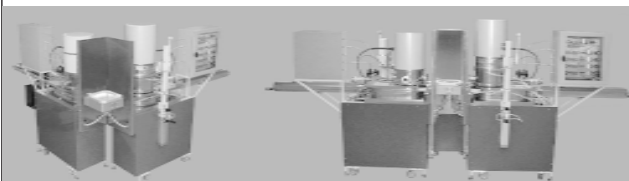


Рис. 3. Мини-кластеры из двух и трех установок

Для реализации различных технологических процессов в одном вакуумно-технологическом цикле две или три установки комплекта могут агрегатироваться в мини-кластеры посредством соединения установок через перегрузочный шлюз.

Комплект малогабаритного физико-термического оборудования (рис. 4) предназначен для разработки, исследования и реализации технологических процессов в микро-, нано-, радиоэлектронике.

♦ **Оксид TM** Термическая обработка пластин и материалов при нормальном атмосферном давлении (процессы диффузии, окисления, отжига, сушки, разгонки диффузанта, восстановления кристаллических структур).

- Диапазон рабочих температур 300—1100°C.

♦ **Отжиг TM** Термическая обработка пластин и материалов в высоком вакууме и газовой среде — процессы отжига, сушки, разгонки диффузанта, восстановления кристаллических структур.

- Диапазон рабочих температур 150—650°C.
- Предельное остаточное давление в реакторе — до 10^{-4} Па.
- Электропитание (3 фазы, 380 В) — не более 12 кВт.



Рис. 4. Комплект малогабаритного физико-термического оборудования

♦ **Изотрон ТМ** Процессы осаждения слоев из газовой среды при пониженном давлении (форвакууме), в том числе слоев легированной и нелегированной двуокиси кремния.

- Диапазон рабочих температур 250—900°C.
- Предельное остаточное давление в реакторе — не более 1,3 Па.
- Рабочее давление 10—150 Па.
- Технологические газы: моносилан, фосфин, кислород, азот и другие.

♦ **Изоплаз ТМ** Плазмохимическое осаждение диэлектрических нелегированных и легированных слоев оксида кремния и слоев нитрида кремния при пониженном давлении с плазменной активацией реагентов.

- Частота и мощность ВЧ-генератора — 440 кГц; 1 кВт.
- Диапазон рабочих температур 250—650°C.
- Предельное остаточное давление в торе — не более 1,3 Па.
- Рабочее давление 5—150 Па.
- Технологические газы: моносилан, аммиак, закись азота, фосфин, адиборан, кислород, фреон.

Общие технические характеристики установок:

- Диаметр обрабатываемых пластин — до 100 мм.
- Количество одновременно обрабатываемых пластин — 25 (для Оксид ТМ — до 120).
- Однореакторная печь резистивного нагрева горизонтального типа.
- Кварцевый реактор с герметизируемой рабочей зоной.
- Трехсекционный спиральный нагреватель с терпарой в каждой секции.
- Газовая система (2—7 каналов).
- Безмасляная вакуумная система откачки.
- Микропроцессорная система управления.
- Возможность подключения автономной системы водяного охлаждения.
- Возможность встраивания в «чистую» комнату.

Комплект малогабаритного вакуумного оборудования настольного типа «МВУ ТМ» (рис. 5) предназначен для мелкосерийного производства, технологического обучения, научных исследований, обработки технологических процессов.

Отличительной особенностью оборудования комплекта «МВУ ТМ» является настольное размещение рабочей камеры, а также систем и устройств, обеспечивающих функционирование установок. Установки малоэнергоёмки, а занимаемая ими площадь незначительна.

♦ **МВУ ТМ-Магна** Нанесение металлов и диэлектриков методом магнетронного распыления.

♦ **МВУ ТМ-ТИС** Напыление пленок металлов методом термического испарения.

♦ **МВУ ТМ-Изофаз CVD** Плазмохимическое газофазное осаждение пленок с диодной системой.

♦ **МВУ ТМ-Изофаз CVD ICP** Плазмохимическое газофазное осаждение пленок с ICP источником плазмы.

♦ **МВУ ТМ-Плазма РИТ** Травление слоев и материалов методом реактивно-ионной обработки.

♦ **МВУ ТМ-Плазма ПХТ** Плазмохимическое травление слоев и материалов в плазме диодного разряда.

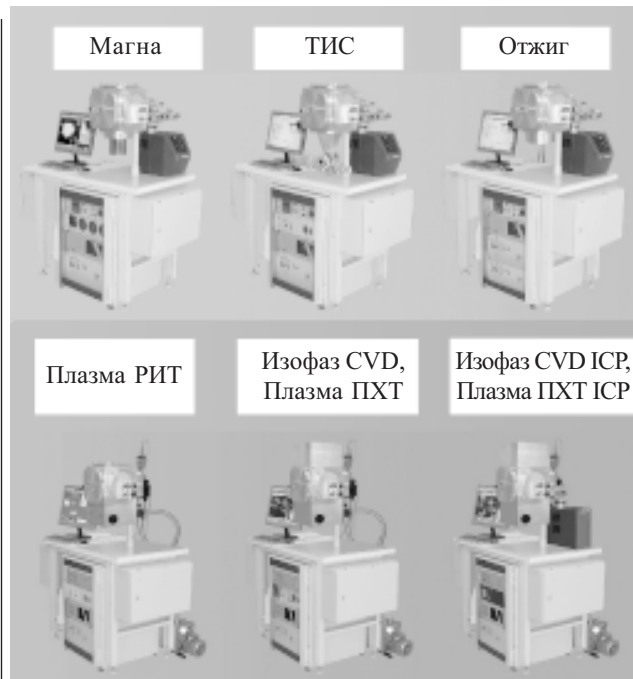


Рис. 5. Комплект малогабаритного вакуумного оборудования настольного типа «МВУ ТМ»

♦ **МВУ ТМ-Плазма ПХТ ICP** Плазменное травление слоев и материалов с ICP источником плазмы.

♦ **МВУ ТМ-Отжиг** Термический отжиг и сушка слоев и материалов.

Особенности установок МВУ ТМ-Магна, МВУ ТМ-ТИС, МВУ ТМ-Отжиг:

- Последовательная индивидуальная обработка подложек в одном технологическом цикле:
 - 2 шт. — Ø150 мм;
 - 4 шт. — Ø76 мм, Ø100 мм;
 - 8 шт. — Ø60 мм, 60×48 мм.
- Планетарный подложкодержатель с тремя степенями вращения.
- Подготовка поверхности подложек — нагрев и ионная очистка.

Особенности установок МВУ ТМ-Изофаз CVD, МВУ ТМ-Изофаз CVD ICP:

- Индивидуальная обработка подложек до Ø150 мм (100×100 мм).
- Нагреваемый подложкодержатель.

Особенности установок МВУ ТМ-Плазма РИТ, МВУ ТМ-Плазма ПХТ, МВУ ТМ-Плазма ПХТ ICP:

- Индивидуальная обработка подложек до Ø150 мм (100×100 мм):
- Охлаждаемый подложкодержатель.

Общие особенности установок:

- Автоматизированное управление от персонального компьютера.
- Малогабаритная безмасляная вакуумная система откачки.
- Автономная система охлаждения.
- Потребляемая мощность одной установкой — не более 3 кВт.
- Площадь, занимаемая одной установкой — около 1,5 м².